

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-022198

(43)Date of publication of application : 22.01.2004

(51)Int.Cl.

H01M 8/04  
// H01M 8/10

(21)Application number : 2002-171503 (71)Applicant : DENSO CORP

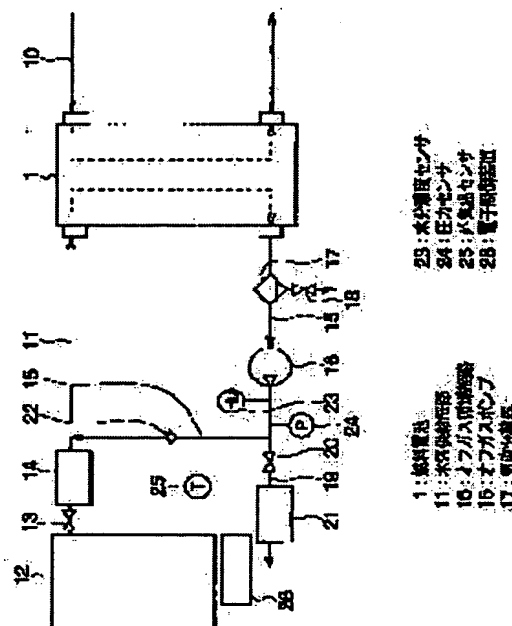
(22)Date of filing : 12.06.2002 (72)Inventor : MORISHIMA SHINGO  
TANAKA EITARO

## (54) FUEL CELL SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel cell system capable of starting a fuel cell even in a low temperature environment.

**SOLUTION:** The fuel cell system comprises an outside air temperature detecting means 25 for detecting an outside air temperature in the vicinity of the fuel cell 1, an outside air temperature forecast means S11 for forecasting the transition of the outside air temperature based on the changes of the outside air temperature detected by the outside air temperature detecting means 25 after the stop of the fuel cell 1, a freeze determination means S 12 for determining whether or not the forecast outside air temperature forecast by the outside air temperature means S 11 drops below a prescribed water freezing temperature, and a freeze prevention means S14 for preventing the freezing of water inside the fuel cell when the forecast outside air temperature is determined to drop below the prescribed water freezing temperature by the freeze determination means S 12. The outside air temperature forecast means S11 time-differentiates the change of the outside air temperature and forecasts by computing the transition of the outside air temperature.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.08.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is the fuel cell system which has the fuel cell (1) which generates electrical energy by the chemical reaction of hydrogen and oxygen,

An outside-air-temperature detection means to detect the outside air temperature near [ said ] the fuel cell (Tn) (25),

An outside-air-temperature prediction means to predict transition of said outside air temperature based on change of said outside air temperature detected with said outside-air-temperature detection means (25) after the halt of said fuel cell (1) (S11),

A freezing judging means to judge whether the prediction outside air temperature (Tn+1) by said outside-air-temperature prediction means (S11) is less than the predetermined freezing temperature which moisture freezes (S12),

The fuel cell system characterized by having an anti-freeze processing means (S14) to prevent that moisture freezes inside said fuel cell (1) when judged with said prediction outside air temperature being less than said predetermined freezing temperature with said freezing judging means (S12).

[Claim 2]

Said outside-air-temperature prediction means (S11) is a fuel cell system according to claim 1 characterized by carrying out time amount differential of the change of said outside air temperature, and carrying out the prediction operation of the transition of said outside air temperature.

[Claim 3]

The fuel cell system according to claim 1 or 2 characterized by ending prediction of the outside air temperature by said outside-air-temperature prediction means (S11) when judged with said prediction outside air temperature being less than said predetermined freezing temperature.

[Claim 4]

The off-gas circulation path of carrying out recycling of the off-gas containing the unreacted hydrogen discharged from said fuel cell (1) to said fuel cell (1) (15),

It is prepared in said off-gas circulation path (15), and has a pump means (16) to feed the gas within said off-gas circulation path (15),

Said anti-freeze processing means (S14) is claim 1 characterized by preventing that moisture freezes inside said off-gas circulation path (15) and said pump means (16) thru/or the fuel cell system of any one publication of three.

[Claim 5]

It is prepared in said off-gas circulation path (15), and has the vapor-liquid-separation machine (17) which carries out separation removal of the moisture contained in the gas which passes said off-gas circulation path (15),

Said anti-freeze processing means (S14) is a fuel cell system according to claim 4 characterized by starting said pump means (16) when judged with said prediction outside air temperature being less than said predetermined freezing temperature.

[Claim 6]

It has the pressure sensor (24) which detects the pressure within said off-gas circulation path (15),

The fuel cell system of any one publication of claim 4 characterized by amending said predetermined freezing temperature based on the pressure within said off-gas circulation path (15) detected with

said pressure sensor (24), or claim 5.

[Claim 7]

It has a moisture concentration detection means (23) to detect the moisture concentration in said off-gas,

Claim 1 characterized by ending said anti-freeze processing means (S17) when the moisture concentration in said off-gas detected with said moisture concentration detection means (23) becomes below a predetermined value thru/or the fuel cell system of any one publication of six.

[Claim 8]

The bulb for reduced pressure which is prepared in the hydrogen supply path (11) which supplies hydrogen to said fuel cell (1), and opens and closes said hydrogen supply path (11) (27),

It is prepared in the downstream of said pump means (16) in said off-gas circulation path (15), and has the discharge path (19) which discharges outside the gas breathed out from said pump means (16),

Said anti-freeze processing means (S14) is claim 4 characterized by discharging the gas within said off-gas circulation path (15) outside through said discharge path (19) with said pump means (16) while blockading passage by said hydrogen bulb for reduced pressure (27) thru/or the fuel cell system of any one publication of seven.

[Claim 9]

Said vapor-liquid-separation machine is claim 4 characterized by being that by which a rotation drive is carried out with the driving shaft (28c) of said pump means (28) while being a centrifugal separation type thru/or the fuel cell system of any one publication of eight.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]****[Field of the Invention]**

This invention applies [ to mobiles, such as a car, a vessel, and a portable electric organ, ] about the fuel cell system which consists of a fuel cell which carries out electrical energy generating by the chemical reaction of hydrogen and oxygen and is effective.

**[0002]****[Description of the Prior Art]**

The fuel cell system conventionally equipped with the fuel cell which generates electricity using the electrochemical reaction of hydrogen and oxygen (air) is known. For example, it is necessary to make the polyelectrolyte film into a damp or wet condition in the polyelectrolyte mold fuel cell considered as driving sources for cars etc.

**[0003]****[Problem(s) to be Solved by the Invention]**

When the car which carried such a fuel cell is suspended under a low-temperature environment, the moisture which exists in a fuel cell and a reactant gas path may freeze. Moreover, the moisture which remained on a pump or bulbs may freeze in the fuel cell system which carries out recycling of the unreacted hydrogen (off-gas) discharged from a fuel cell to a fuel cell using a pump.

**[0004]**

In case a fuel cell is started under such a low-temperature environment, there is a problem that a fuel cell cannot be started with inhibition of advance and attainment of the reactant gas (hydrogen and air) to the electrolyte membrane by freezing, the blinding of a reactant gas path, the lock of a pump, etc.

**[0005]**

This invention aims at providing the bottom of a low-temperature environment with the fuel cell system which can start a fuel cell in view of the point describing above.

**[0006]****[Means for Solving the Problem]**

In order to attain the above-mentioned purpose, in invention according to claim 1 An outside-air-temperature detection means to be the fuel cell system which has the fuel cell (1) which generates electrical energy, and to detect the outside air temperature near the fuel cell by the chemical reaction of hydrogen and oxygen (25), An outside-air-temperature prediction means to predict transition of outside air temperature based on change of the outside air temperature detected with the outside-air-temperature detection means (25) after the halt of a fuel cell (1) (S11), A freezing judging means to judge whether the prediction outside air temperature by the outside-air-temperature prediction means (S11) is less than the predetermined freezing temperature which moisture freezes (S12), When judged with prediction outside air temperature being less than predetermined freezing temperature with a freezing judging means (S12), it is characterized by having an anti-freeze processing means (S14) to prevent that moisture freezes inside a fuel cell (1).

**[0007]**

Thus, by performing anti-freeze processing, when transition of outside air temperature is predicted and freezing is predicted, in case fuel cell starting is carried out next time, it can prevent that it

becomes impossible to start a fuel cell by moisture freezing. Moreover, it can prevent consuming the power for performing anti-freeze processing vainly by performing anti-freeze processing, only when transition of outside air temperature is predicted and freezing is predicted.

[0008]

Moreover, like invention according to claim 2, an outside-air-temperature prediction means (S11) can carry out time amount differential of the change of outside air temperature, and can carry out the prediction operation of the transition of outside air temperature.

[0009]

Moreover, in invention according to claim 3, when judged with prediction outside air temperature being less than predetermined freezing temperature, it is characterized by ending prediction of the outside air temperature by the outside-air-temperature prediction means (S11). Thereby, useless power consumption can be prevented.

[0010]

Moreover, the off-gas circulation path of carrying out recycling of the off-gas which contained the unreacted hydrogen discharged from a fuel cell (1) in invention according to claim 4 to a fuel cell (1) (15), It is prepared in an off-gas circulation path (15), and has a pump means (16) to feed the gas within an off-gas circulation path (15). An anti-freeze processing means (S14) It is characterized by preventing that moisture freezes inside an off-gas circulation path (15) and a pump means (16).

[0011]

Moreover, in invention according to claim 5, it is prepared in an off-gas circulation path (15), and has the vapor-liquid-separation machine (17) which carries out separation removal of the moisture contained in the gas which passes an off-gas circulation path (15), and the anti-freeze processing means (S14) is characterized by starting a pump means (16), when judged with prediction outside air temperature being less than predetermined freezing temperature.

[0012]

The moisture in the gas which circulates through an off-gas circulation path (15) and a fuel cell (1) can be removed by this, and the moisture inside the interior of a fuel cell (1) and piping (15) and a pump (16) can be removed.

[0013]

Moreover, in invention according to claim 6, it has the pressure sensor (24) which detects the pressure of off-gas, and is characterized by amending predetermined freezing temperature based on the pressure of the off-gas detected with the pressure sensor (24). Thereby, freezing temperature can be judged correctly.

[0014]

Moreover, in invention according to claim 7, it has a moisture concentration detection means (23) to detect the moisture concentration in off-gas, and when the moisture concentration in the off-gas detected with the moisture concentration detection means (23) becomes below a predetermined value, it is characterized by ending an anti-freeze processing means (S17). Thereby, useless power consumption can be prevented.

[0015]

Moreover, the bulb for reduced pressure which is prepared in the hydrogen supply path (11) which supplies hydrogen to a fuel cell (1) in invention according to claim 8, and opens and closes a hydrogen supply path (11) (27), It is prepared in the downstream of the pump means (16) in an off-gas circulation path (15). It has the discharge path (19) which discharges the gas breathed out from a pump means (16). An anti-freeze processing means (S14) While blockading a hydrogen supply path (11) by the hydrogen bulb for reduced pressure (27), it is characterized by discharging the gas within an off-gas circulation path (15) through a discharge path (19) with a pump means (16).

[0016]

Thereby, between the bulb for reduced pressure (27) and pump means (16) can be decompressed, reduced pressure ebullition of the moisture which exists in the meantime can be carried out, and it can be discharged outside.

[0017]

Moreover, in invention according to claim 9, it is characterized by a vapor-liquid-separation machine being that by which a rotation drive is carried out with the driving shaft (28c) of a pump means (28)

while being a centrifugal separation type. Thus, by performing vapor liquid separation using the rotational motion force, vapor liquid separation can be performed more effectively. Moreover, since it becomes unnecessary to be able to unify a pump means and a vapor-liquid-separation machine by such configuration, and to form a vapor-liquid-separation machine independently, it becomes possible to miniaturize a fuel cell system.

[0018]

In addition, the sign in the parenthesis of each above-mentioned means shows correspondence relation with the concrete means of a publication to the operation gestalt mentioned later.

[0019]

[Embodiment of the Invention]

(The 1st operation gestalt)

Hereafter, the 1st operation gestalt of this invention is explained based on drawing 1 - drawing 4 . The fuel cell system of a \*\*\*\* 1 operation gestalt can be used suitable for the electric vehicle (fuel cell car) which runs a fuel cell as a power source.

[0020]

Drawing 1 shows the whole fuel cell system configuration of a \*\*\*\* 1 operation gestalt. A fuel cell (FC stack) 1 generates power using the electrochemical reaction of hydrogen and oxygen. The solid-state polyelectrolyte mold fuel cell is used as a fuel cell 1, two or more laminatings of the cel used as a base unit are carried out, and it consists of \*\*\*\* 1 operation gestalten. Each cel has the composition that the electrolyte membrane was inserted with the electrode of a pair. The fuel cell 1 is constituted so that power may be supplied to electrical machinery and apparatus which are not illustrated, such as a drive motor and a rechargeable battery. In a fuel cell 1, by supplying hydrogen and air (oxygen), the electrochemical reaction of the following hydrogen and oxygen occurs and electrical energy occurs.

(Hydrogen pole side)  $H_2 \rightarrow 2H^{++} + 2e^-$

(Oxygen pole side)  $2H^{++} + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

Like [ both ] the after-mentioned, the hydrogen and air which generation water generates according to this electrochemical reaction and which were humidified by the fuel cell 1 are supplied, and the water of condensation is generated inside a fuel cell. For this reason, in the fuel cell 1 interior, moisture will exist in the hydrogen path which hydrogen passes, and the air path which air passes.

[0021]

The air supply path 10 for supplying air (oxygen) to the oxygen pole (positive electrode) side of a fuel cell 1 and the hydrogen supply path 11 for supplying hydrogen to the hydrogen pole (negative electrode) side of a fuel cell 1 are formed in the fuel cell system. Air (oxygen) is supplied to the air supply path 10 from the air supply equipment which is not illustrated, and hydrogen is supplied to the hydrogen supply path 11 from the hydrogen feeder 12. The reformer which generates hydrogen by the hydrogen tank filled up with high-pressure hydrogen as a hydrogen feeder 12 or the reforming reaction can be used, and the high-pressure hydrogen tank is used with the \*\*\*\* 1 operation gestalt.

[0022]

For the above-mentioned electrochemical reaction, the electrolyte membrane in a fuel cell 1 needs to be a damp or wet condition containing moisture. For this reason, the humidifier which is not illustrated for humidifying the air and hydrogen which are supplied to a fuel cell 1 is formed in the air supply path 10 and the hydrogen supply path 11.

[0023]

The hydrogen supply bulb 13 which starts and suspends the hydrogen supply from the hydrogen feeder 12, and the regulator 14 which adjusts the hydrogen amount of supply are formed in the downstream of the hydrogen feeder 12 in the hydrogen supply path 11.

[0024]

The off-gas circulation path 15 for carrying out recycling of the off-gas which contains in a fuel cell system the unreacted hydrogen discharged from a fuel cell 1 to a fuel cell 1 is established. The off-gas circulation path 15 is constituted so that the off-gas discharged from the hydrogen outlet of a fuel cell 1 may be made to join the downstream of the regulator 14 in the hydrogen supply path 11.

[0025]

The off-gas pump (pump means) 16 which carries out the pressure up of the off-gas, and is made to

circulate through the off-gas circulation path 15 is formed in the off-gas circulation path 15. the motor driven compressor is used as an off-gas pump 16, and it consists of \*\*\*\* 1 operation gestalten so that the pressure up of the until [ comparable ] off-gas may be carried out to the high-pressure hydrogen supplied from the hydrogen feeder 12.

Moreover, the vapor-liquid-separation machine 17 as a moisture removal means which carries out separation removal of the moisture contained in off-gas prepares in the upstream of the off-gas pump 16 in the off-gas circulation path 15, and it is \*\*\*\*\*. The moisture separated with the vapor-liquid-separation vessel 17 is discharged by opening the moisture draining valve 18.

[0026]

The discharge path 19 for making off-gas discharge outside is branched and formed in the downstream of the off-gas pump 16 in the off-gas circulation path 15. The off-gas draining valve 20 and the off-gas processing section 21 are formed in the discharge path 19. Usually, although the off-gas draining valve 20 is closed and a fuel cell 1 is made to circulate through off-gas through the off-gas circulation path 15, when the hydrogen concentration in off-gas becomes low, the off-gas draining valve 20 is opened at the time, and it discharges off-gas outside. At this time, off-gas is discharged, after being processed in the off-gas processing section 21.

[0027]

The check valve 22 for preventing the back flow of off-gas is formed in the downstream from the branch point of the discharge path 19 in the off-gas circulation path 15.

[0028]

The moisture concentration sensor (moisture concentration detection means) 23 which detects the moisture concentration in off-gas (humidity), the pressure sensor 24 which detects the pressure of off-gas, and the outside-air-temperature sensor (outside-air-temperature detection means) 25 which detects about one-fuel cell outside air temperature are formed in the fuel cell system of a \*\*\*\* 1 operation gestalt. These sensor signals are inputted into an electronic control 26.

[0029]

Drawing 2 shows I/O of the signal in an electronic control (ECU) 26. As shown in drawing 2, while the sensor signal of the moisture concentration sensor 23, a pressure sensor 24, and the outside-air-temperature sensor 25 is inputted into an electronic control 26, a control signal is outputted to the hydrogen supply bulb 13, the moisture draining valve 18, the off-gas draining valve 20, and the off-gas pump 16.

[0030]

Moreover, a fuel cell 1 produces generation of heat with a generation of electrical energy. For this reason, the cooling system which is not illustrated is prepared in the fuel cell system so that a fuel cell 1 may be cooled and operating temperature may be maintained at optimal temperature (about 80 degrees C).

[0031]

Hereafter, it is based drawing 3 and anti-freeze control of the fuel cell system of the above-mentioned configuration is explained. Drawing 3 is a flow chart which shows the anti-freeze control flow which an electronic control 26 performs.

[0032]

Anti-freeze control is started by halt of a fuel cell 1. At this time, moisture remains inside the fuel cell 1 interior and piping etc.

[0033]

First, the outside-air-temperature sensor 25 detects outside air temperature  $T_n$  (S10). Detection of this outside air temperature  $T_n$  is performed a predetermined period (for example, several minute spacing). Next, transition forecast  $T_{n+1}$  of outside air temperature is computed (S11).

[0034]

Drawing 4 is drawing for explaining outside-air-temperature transition prediction. In drawing 4, last time, at the time of measurement, the outside air temperature of  $t_{n-1}$  and  $T_n$  show the outside air temperature of  $t_n$ , and, in  $T_{n-1}$ ,  $T_{n+1}$  shows the outside air temperature of  $t_{n+1}$  next time now at the time of measurement. As for  $T_{n-1}$  and  $T_n$ , an actual measurement and  $T_{n+1}$  are forecasts.

[0035]

As shown in drawing 4, it is thought that the outside air temperature which changes in connection



with time amount changes with fixed rate of change (inclination). Therefore, the prediction operation of outside-air-temperature  $T_{n+1}$  of  $t_{n+1}$  can be carried out next time at the time of measurement by asking for the outside-air-temperature change (inclination) to  $t_n$  from  $t_{n-1}$  last time now at the time of measurement.

[0036]

It can ask for the outside-air-temperature change (inclination) to  $t_n$  by carrying out time amount differential like the following formula 1 from  $t_{n-1}$  last time now at the time of measurement.

[0037]

[Equation 1]

$$dT/dt = (T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$$

Outside-air-temperature  $T_{n+1}$  of  $t_{n+1}$  can apply and ask the present atmospheric temperature  $T_n$  abroad for the amount  $dt$  of outside-air-temperature change prediction  $(T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$  like the following formula 2 next time at the time of measurement.

[0038]

[Equation 2]

$$T_{n+1} = T_n + ((T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})) dt$$

Next, it judges whether outside-air-temperature prediction temperature  $T_{n+1}$  is less than freezing temperature  $T_i'$  (S12). Since freezing temperature  $T_i$  is changed with a pressure, freezing temperature  $T_i'$  amended using the pressure  $P$  of the off-gas detected by the pressure sensor 24 like the following formula 3 is used. However,  $k$  is taken as a correction factor.

[0039]

[Equation 3]

$$T_i' = T_i + T_{ix} P_{xk}$$

When judged with outside-air-temperature prediction temperature  $T_{n+1}$  having exceeded freezing temperature  $T_i'$  at step S12, an outside-air-temperature prediction judging is repeated and is performed until outside-air-temperature prediction temperature  $T_{n+1}$  is less than freezing temperature  $T_i'$ . On the other hand, when judged with outside-air-temperature prediction temperature  $T_{n+1}$  being less than freezing temperature  $T_i'$ , the prediction judging of outside air temperature is ended (S13), and anti-freeze processing is performed (S14).

[0040]

The drive of the off-gas pump 16 is started and, specifically, off-gas is circulated in order of the hydrogen pole of the off-gas circulation path 15 → hydrogen supply path 11 → fuel cell 1. The off-gas pump 16 is driven with the power from the rechargeable battery which is not illustrated. The moisture contained in off-gas is recovered by the vapor-liquid-separation machine 17, and the moisture in off-gas decreases gradually. Thereby, the moisture of the fuel cell 1 interior, piping 11, and the 15 and off-gas pump 16 interior is removable.

[0041]

Since the steam partial pressure is low under the low-temperature environment at this time, moisture separation from off-gas with the vapor-liquid-separation machine 17 can be performed effectively.

[0042]

Next, the moisture concentration sensor 23 detects the moisture concentration  $H_u$  in off-gas (S15), and it judges whether the moisture concentration  $H_u$  is below predetermined concentration (S16). If predetermined concentration is less than [ it ], it is moisture concentration to which freezing does not take place, and can be set as arbitration for every system. Consequently, when the moisture concentration  $H_u$  is higher than predetermined concentration, the above-mentioned anti-freeze processing is performed succeedingly. On the other hand, when the moisture concentration  $H_u$  is below predetermined concentration, the off-gas pump 16 is suspended and anti-freeze processing is ended (S17).

[0043]

Since according to the above configuration moisture removal of the fuel cell 1 interior and piping 11, and the 15 and off-gas pump 16 interior is performed as anti-freeze processing when transition of outside air temperature is predicted and freezing is predicted, moisture removal can be performed before moisture freezes. Thereby, in case fuel cell starting is carried out next time, it can prevent that it becomes impossible to start a fuel cell 1 by moisture freezing.

[0044]

Moreover, since anti-freeze processing is performed only when transition of outside air temperature is predicted with a \*\*\*\* 1 operation gestalt and freezing is predicted, it can prevent consuming the power for performing anti-freeze processing vainly. Furthermore, when freezing is not predicted, since moisture removal is not performed, the electrolyte membrane of a fuel cell 1 can be made into a damp or wet condition, and it is not necessary to make an electrolyte membrane into a damp or wet condition next time at the time of starting.

[0045]

In addition, the above-mentioned step S11 is equivalent to the outside-air-temperature prediction means of this invention, the above-mentioned step S12 is equivalent to the freezing judging means of this invention, and the above-mentioned step S14 is equivalent to the anti-freeze processing means of this invention.

[0046]

(The 2nd operation gestalt)

Next, the 2nd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 5. The same part as the above-mentioned 1st operation gestalt attaches the same sign, omits explanation, and explains only a different point.

[0047]

Drawing 5 shows the whole fuel cell system configuration of a \*\*\*\* 2 operation gestalt. As shown in drawing 5, with the \*\*\*\* 2 operation gestalt, the bulb 27 for reduced pressure which opens and closes passage is formed in the fuel cell 1 upstream in the hydrogen supply path 11.

[0048]

Between the bulb 27 for reduced pressure and the off-gas pumps 16 can be decompressed by closing the bulb 27 for reduced pressure, opening the off-gas draining valve 20 wide, and starting the off-gas pump 16 by such configuration, in case anti-freeze processing of the above-mentioned step S14 is performed. Thereby, the moisture of the fuel cell 1 and off-gas pump 16 interior carries out reduced pressure ebullition, is exhausted outside, and can remove effectively the moisture of the fuel cell 1 and off-gas pump 16 interior.

[0049]

(The 3rd operation gestalt)

Next, the 3rd operation gestalt of this invention is explained based on drawing 6. The same part as the above-mentioned 1st operation gestalt attaches the same sign, omits explanation, and explains only a different point.

[0050]

Drawing 6 shows the configuration of the off-gas pump 28 of a \*\*\*\* 3 operation gestalt, and the sectional view of an off-gas pump, drawing 6 (b), and (c) of drawing 6 (a) are the top views of a rotation plate.

[0051]

As shown in drawing 6 (a), a cyclone-type vapor-liquid-separation machine is unified and the off-gas pump 28 of a \*\*\*\* 3 operation gestalt is constituted. Driving shaft 28c of motor 28b which drives rotating type pump 28a is equipped with rotation plate 28d for vapor liquid separation. Inhalation opening 28e of off-gas is prepared on the shaft of driving shaft 28c.

[0052]

The flat configuration shown in drawing 6 (b) or the hole vacancy configuration shown in drawing 6 (c) can cost rotation plate 28d. In the case of the flat configuration of drawing 6 (b), the pressure loss at the time of an off-gas collision is large, but the vapor-liquid-separation effectiveness is high, and although the pressure loss at the time of an off-gas collision is small when it is the hole vacancy configuration of drawing 6 (c), it has the description that the vapor-liquid-separation effectiveness is low.

[0053]

The off-gas A containing the gas component B, and a drop and a steam component C is introduced by the pump action from inhalation opening 28e, and collides with rotation plate 28d by it. At this time, the pressure up of the gas component B with small inertial force is inhaled and carried out into pump 28a, and it is discharged from 28f of exhaust ports. On the other hand, the drop component and

the steam component B with large inertial force collide with rotation plate 28d, and is carried out in the direction of a container wall by the centrifugal force separation and a trap. The separated moisture is stored caudad and discharged by opening 28f of moisture draining valves.

[0054]

Thus, by using the cyclone type vapor-liquid-separation machine equipped with rotation plate 28d driven by motor 28b, moisture removal can be more effectively performed out of off-gas. Moreover, it becomes possible for it to become unnecessary to form a vapor-liquid-separation machine independently, and to miniaturize a fuel cell system by uniting a vapor-liquid-separation machine with the off-gas pump 28.

[0055]

(Other operation gestalten)

In addition, although it calculated and asked for correction value  $T_i'$  of freezing temperature with each above-mentioned operation gestalt based on the pressure P of off-gas, relation between not only this but the pressure P and correction value  $T_i'$  of freezing temperature is map-ized beforehand, and you may make it ask for correction value  $T_i'$  of freezing temperature from a pressure P based on this map.

[0056]

Moreover, although it constituted from each above-mentioned operation gestalt so that the vapor-liquid-separation machine 17 might remove moisture as an anti-freeze processing means, the water adsorption equipment which carries out adsorption treatment of the moisture for example, not only by this but by water adsorption material (silica gel, activated carbon, etc.) may be used. Or you may constitute so that a dry gas (for example, dry air, desiccation hydrogen) may be supplied to a fuel cell 1, for example and moisture may be removed.

[0057]

Moreover, the moisture by which separation recovery was carried out with the vapor-liquid-separation vessel 17 may be used as the cooling water of a fuel cell system, or water for humidification.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the conceptual diagram showing the whole fuel cell system configuration of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the block diagram showing I/O of an electronic control.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows anti-freeze control.

[Drawing 4] It is a property Fig. for explaining outside-air-temperature transition prediction.

[Drawing 5] It is the conceptual diagram showing the whole fuel cell system configuration of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 6] (a) is the sectional view of the off-gas pump of the 3rd operation gestalt, and (b) and (c) are the top views of rotation Rota.

[Description of Notations]

1 [ -- A hydrogen supply bulb 14 / -- A regulator, 15 / -- An off-gas circulation path, 16 / -- An off-gas pump, 17 / -- A vapor-liquid-separation machine, 23 / -- A moisture concentration sensor, 24 / -- A pressure sensor, 25 / -- An outside-air-temperature sensor, 26 / -- Electronic control. ] -- A fuel cell, 11 -- A hydrogen supply path, 12 -- A hydrogen feeder, 13

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the conceptual diagram showing the whole fuel cell system configuration of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is the block diagram showing I/O of an electronic control.

[Drawing 3] It is the flow chart which shows anti-freeze control.

[Drawing 4] It is a property Fig. for explaining outside-air-temperature transition prediction.

[Drawing 5] It is the conceptual diagram showing the whole fuel cell system configuration of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 6] (a) is the sectional view of the off-gas pump of the 3rd operation gestalt, and (b) and (c) are the top views of rotation Rota.

[Description of Notations]

1 [ -- A hydrogen supply bulb 14 / -- A regulator, 15 / -- An off-gas circulation path, 16 / -- An off-gas pump, 17 / -- A vapor-liquid-separation machine, 23 / -- A moisture concentration sensor, 24 / -- A pressure sensor, 25 / -- An outside-air-temperature sensor, 26 / -- Electronic control. ] -- A fuel cell, 11 -- A hydrogen supply path, 12 -- A hydrogen feeder, 13

---

[Translation done.]

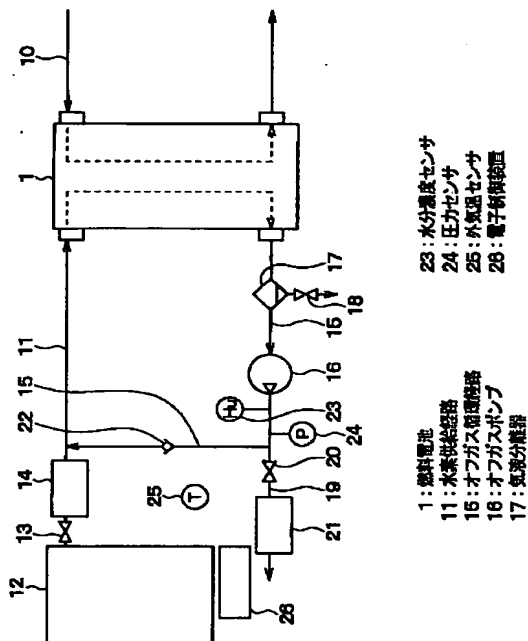
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

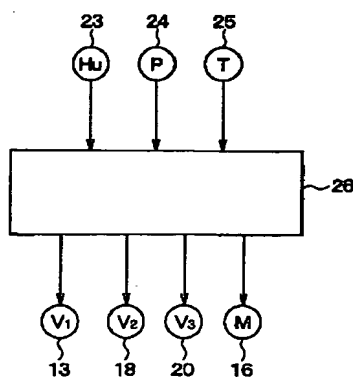
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

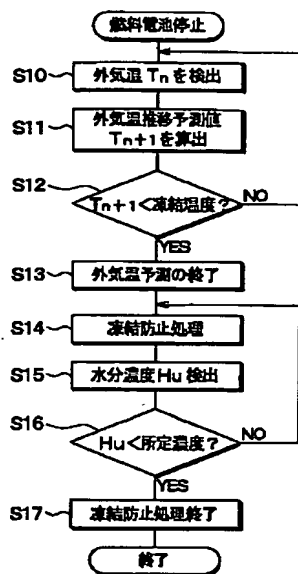
[Drawing 1]



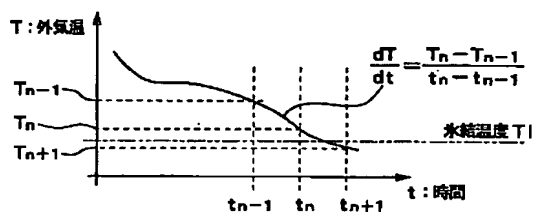
[Drawing 2]



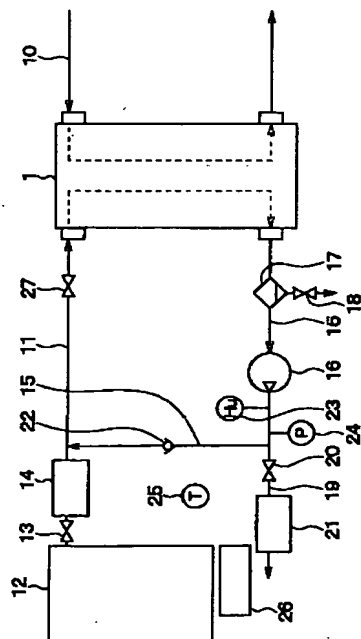
[Drawing 3]



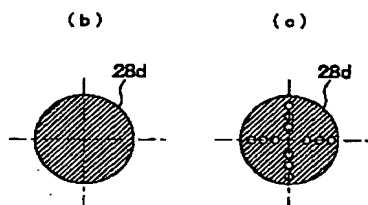
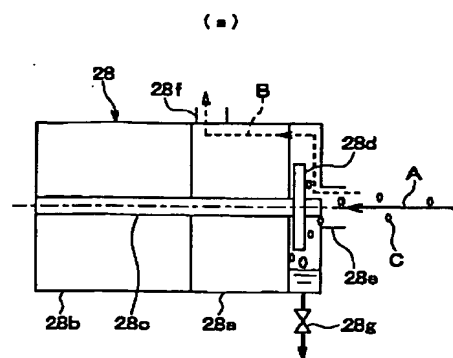
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-22198

(P2004-22198A)

(43) 公開日 平成16年1月22日 (2004.1.22)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F 1			テーマコード (参考)
HO 1 M 8/04	HO 1 M 8/04	Y		5HO26
// HO 1 M 8/10	HO 1 M 8/04	N		5HO27
	HO 1 M 8/10			

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2002-171503 (P2002-171503)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成14年6月12日 (2002. 6. 12)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
		(74) 代理人	100100022
			弁理士 伊藤 洋二
		(74) 代理人	100108198
			弁理士 三浦 高広
		(74) 代理人	100111578
			弁理士 水野 史博
		(72) 発明者	森島 信悟
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	田中 栄太郎
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

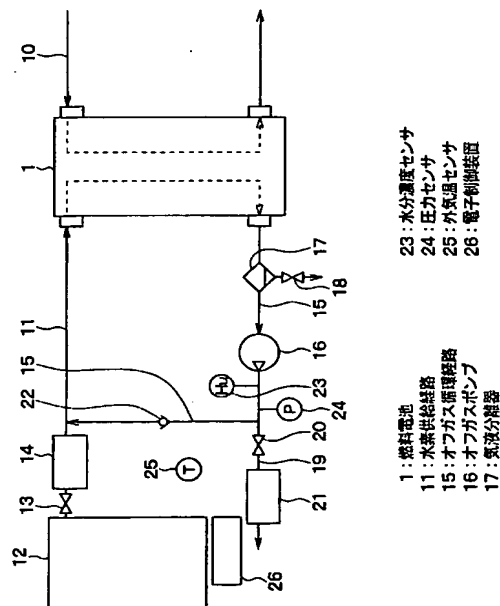
(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 低温環境下においても燃料電池を起動可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池 1 近傍の外気温を検出する外気温検出手段 25 と、燃料電池 1 の停止後、外気温検出手段 25 により検出した外気温の変化に基づき、外気温の推移を予測する外気温予測手段 S 1 1 と、外気温予測手段 S 1 1 による予測外気温が、水分が凍結する所定凍結温度を下回るか否かを判定する凍結判定手段 S 1 2 と、凍結判定手段 S 1 2 にて予測外気温が所定凍結温度を下回ると判定された場合に、燃料電池 1 の内部で水分が凍結するのを防止する凍結防止処理手段 S 1 4 とを備える。外気温予測手段 S 1 1 は、外気温の変化を時間微分して外気温の推移を予測演算する。

【選択図】 図 1





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

水素と酸素との化学反応によって電気エネルギーを発生する燃料電池 (1) を有する燃料電池システムであって、

前記燃料電池近傍の外気温 ( $T_n$ ) を検出する外気温検出手段 (25) と、

前記燃料電池 (1) の停止後、前記外気温検出手段 (25) により検出した前記外気温の変化に基づき、前記外気温の推移を予測する外気温予測手段 (S11) と、

前記外気温予測手段 (S11) による予測外気温 ( $T_{n+1}$ ) が、水分が凍結する所定凍結温度を下回るか否かを判定する凍結判定手段 (S12) と、

前記凍結判定手段 (S12) にて前記予測外気温が前記所定凍結温度を下回ると判定された場合に、前記燃料電池 (1) の内部で水分が凍結するのを防止する凍結防止処理手段 (S14) とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

10

## 【請求項 2】

前記外気温予測手段 (S11) は、前記外気温の変化を時間微分して前記外気温の推移を予測演算することを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 3】

前記予測外気温が前記所定凍結温度を下回ると判定された場合には、前記外気温予測手段 (S11) による外気温の予測を終了することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

## 【請求項 4】

前記燃料電池 (1) より排出される未反応水素を含んだオフガスを前記燃料電池 (1) に再循環させるオフガス循環経路 (15) と、

前記オフガス循環経路 (15) に設けられ、前記オフガス循環経路 (15) 内のガスを圧送するポンプ手段 (16) とを備え、

前記凍結防止処理手段 (S14) は、前記オフガス循環経路 (15) の内部および前記ポンプ手段 (16) の内部で水分が凍結することを防止することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

20

## 【請求項 5】

前記オフガス循環経路 (15) に設けられ、前記オフガス循環経路 (15) を通過するガスに含まれる水分を分離除去する気液分離器 (17) を備え、

前記凍結防止処理手段 (S14) は、前記予測外気温が前記所定凍結温度を下回ると判定された場合に前記ポンプ手段 (16) を起動することを特徴とする請求項 4 に記載の燃料電池システム。

30

## 【請求項 6】

前記オフガス循環経路 (15) 内の圧力を検出する圧力センサ (24) を備え、

前記圧力センサ (24) にて検出した前記オフガス循環経路 (15) 内の圧力に基づいて、前記所定凍結温度を補正することを特徴とする請求項 4 または請求項 5 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

## 【請求項 7】

前記オフガス中の水分濃度を検出する水分濃度検出手段 (23) を備え、

前記水分濃度検出手段 (23) により検出した前記オフガス中の水分濃度が所定値以下になった場合には、前記凍結防止処理手段 (S17) を終了することを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

40

## 【請求項 8】

前記燃料電池 (1) に水素を供給する水素供給経路 (11) に設けられ、前記水素供給経路 (11) を開閉する減圧用バルブ (27) と、

前記オフガス循環経路 (15) における前記ポンプ手段 (16) の下流側に設けられ、前記ポンプ手段 (16) から吐出されるガスを外部に排出する排出経路 (19) とを備え、

前記凍結防止処理手段 (S14) は、前記減圧用水素バルブ (27) により流路を閉塞するとともに前記ポンプ手段 (16) により前記オフガス循環経路 (15) 内のガスを前記

50

排出経路（１９）を介して外部に排出することを特徴とする請求項４ないし７のいずれか１つに記載の燃料電池システム。

【請求項９】

前記気液分離器は遠心分離式であるとともに、前記ポンプ手段（２８）の駆動軸（２８ｃ）により回転駆動されるものであることを特徴とする請求項４ないし８のいずれか１つに記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水素と酸素との化学反応により電気エネルギー発生させる燃料電池からなる燃料電池システムに関するもので、車両、船舶及びポータブル発電器等の移動体に適用して有効である。

【０００２】

【従来の技術】

従来より、水素と酸素（空気）との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムが知られている。例えば車両用等の駆動源として考えられている高分子電解質型燃料電池では、高分子電解質膜を湿潤状態にしておく必要がある。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】

このような燃料電池を搭載した車両を低温環境下で停止した場合、燃料電池内や反応ガス経路内に存在している水分が凍結する場合がある。また、燃料電池より排出される未反応水素（オフガス）をポンプを用いて燃料電池に再循環させる燃料電池システムにおいては、ポンプやバルブ類に残留した水分が凍結してしまう可能性がある。

【０００４】

このような低温環境下で燃料電池を起動する際、凍結による電解質膜への反応ガス（水素および空気）の進行・到達の阻害、反応ガス経路の目詰まり、ポンプのロック等により燃料電池を起動できないという問題がある。

【０００５】

本発明は、上記点に鑑み、低温環境下においても燃料電池を起動可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

【０００６】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項１に記載の発明では、水素と酸素との化学反応によって電気エネルギーを発生する燃料電池（１）を有する燃料電池システムであって、燃料電池近傍の外気温を検出する外気温検出手段（２５）と、燃料電池（１）の停止後、外気温検出手段（２５）により検出した外気温の変化に基づき、外気温の推移を予測する外気温予測手段（Ｓ１１）と、外気温予測手段（Ｓ１１）による予測外気温が、水分が凍結する所定凍結温度を下回るか否かを判定する凍結判定手段（Ｓ１２）と、凍結判定手段（Ｓ１２）にて予測外気温が所定凍結温度を下回ると判定された場合に、燃料電池（１）の内部で水分が凍結するのを防止する凍結防止処理手段（Ｓ１４）とを備えることを特徴としている。

【０００７】

このように外気温の推移を予測し、凍結が予測される場合に凍結防止処理を行うことで、次回燃料電池起動する際に水分凍結で燃料電池が起動できなくなることを防止できる。また、外気温の推移を予測し、凍結が予測される場合のみ凍結防止処理を行うことで、凍結防止処理を行うための動力を無駄に消費することを防止できる。

【０００８】

また、請求項２に記載の発明のように、外気温予測手段（Ｓ１１）は、外気温の変化を時間微分して外気温の推移を予測演算することができる。

【０００９】

10

20

30

40

50

また、請求項 3 に記載の発明では、予測外気温が所定凍結温度を下回ると判定された場合には、外気温予測手段（S 1 1）による外気温の予測を終了することを特徴としている。これにより、無駄な電力消費を防止できる。

【0010】

また、請求項 4 に記載の発明では、燃料電池（1）より排出される未反応水素を含んだオフガスを燃料電池（1）に再循環させるオフガス循環経路（15）と、オフガス循環経路（15）に設けられ、オフガス循環経路（15）内のガスを圧送するポンプ手段（16）とを備え、凍結防止処理手段（S 1 4）は、オフガス循環経路（15）の内部およびポンプ手段（16）の内部で水分が凍結することを防止することを特徴としている。

【0011】

また、請求項 5 に記載の発明では、オフガス循環経路（15）に設けられ、オフガス循環経路（15）を通過するガスに含まれる水分を分離除去する気液分離器（17）を備え、凍結防止処理手段（S 1 4）は、予測外気温が所定凍結温度を下回ると判定された場合にポンプ手段（16）を起動することを特徴としている。

【0012】

これにより、オフガス循環経路（15）および燃料電池（1）を循環するガス中の水分を除去することができ、燃料電池（1）内部、配管（15）内部、ポンプ（16）内部の水分を除去することができる。

【0013】

また、請求項 6 に記載の発明では、オフガスの圧力を検出する圧力センサ（24）を備え、圧力センサ（24）にて検出したオフガスの圧力に基づいて、所定凍結温度を補正することを特徴としている。これにより、凍結温度を正確に判定することができる。

【0014】

また、請求項 7 に記載の発明では、オフガス中の水分濃度を検出する水分濃度検出手段（23）を備え、水分濃度検出手段（23）により検出したオフガス中の水分濃度が所定値以下になった場合には、凍結防止処理手段（S 1 7）を終了することを特徴としている。これにより、無駄な電力消費を防止できる。

【0015】

また、請求項 8 に記載の発明では、燃料電池（1）に水素を供給する水素供給経路（11）に設けられ、水素供給経路（11）を開閉する減圧用バルブ（27）と、オフガス循環経路（15）におけるポンプ手段（16）の下流側に設けられ、ポンプ手段（16）から吐出されるガスを排出する排出経路（19）とを備え、凍結防止処理手段（S 1 4）は、減圧用水素バルブ（27）により水素供給経路（11）を閉塞するとともにポンプ手段（16）によりオフガス循環経路（15）内のガスを排出経路（19）を介して排出することを特徴としている。

【0016】

これにより、減圧用バルブ（27）とポンプ手段（16）との間を減圧することができ、この間に存在する水分は減圧沸騰して外部に排出することができる。

【0017】

また、請求項 9 に記載の発明では、気液分離器は遠心分離式であるとともに、ポンプ手段（28）の駆動軸（28c）により回転駆動されるものであることを特徴としている。このように回転動力を用いて気液分離を行うことで、より効果的に気液分離を行うことができる。また、このような構成によりポンプ手段と気液分離器とを一体化することができ、気液分離器を独立して設ける必要がなくなるので、燃料電池システムを小型化することが可能となる。

【0018】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0019】

【発明の実施の形態】

10

20

30

40

50

(第1実施形態)

以下、本発明の第1実施形態について図1～図4に基づいて説明する。本第1実施形態の燃料電池システムは、例えば燃料電池を電源として走行する電気自動車（燃料電池車両）に好適に用いることができる。

【0020】

図1は、本第1実施形態の燃料電池システムの全体構成を示している。燃料電池（FCスタック）1は、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生するものである。本第1実施形態では燃料電池1として固体高分子電解質型燃料電池を用いており、基本単位となるセルが複数積層されて構成されている。各セルは、電解質膜が一对の電極で挟まれた構成となっている。燃料電池1は、図示しない走行用モータや2次電池等の電気機器に電力を供給するように構成されている。燃料電池1では、水素および空気（酸素）が供給されることにより、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。

（水素極側） $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

（酸素極側） $2H^+ + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

この電気化学反応により生成水が発生するとともに、後述のように燃料電池1には加湿された水素、空気が供給され、燃料電池内部で凝縮水が発生する。このため、燃料電池1内部において、水素が通過する水素経路と空気が通過する空気経路には水分が存在することとなる。

【0021】

燃料電池システムには、燃料電池1の酸素極（正極）側に空気（酸素）を供給するための空気供給経路10と、燃料電池1の水素極（負極）側に水素を供給するための水素供給経路11が設けられている。空気供給経路10には図示しない空気供給装置より空気（酸素）が供給され、水素供給経路11には水素供給装置12より水素が供給される。水素供給装置12として例えば高圧の水素を充填した水素タンクや改質反応により水素を生成する改質装置を用いることができ、本第1実施形態では高圧水素タンクを用いている。

【0022】

上記電気化学反応のためには、燃料電池1内の電解質膜は、水分を含んだ湿潤状態となっている必要がある。このため、空気供給経路10および水素供給経路11には、燃料電池1に供給される空気および水素を加湿するための図示しない加湿器が設けられている。

【0023】

水素供給経路11における水素供給装置12の下流側には、水素供給装置12からの水素供給を開始・停止する水素供給バルブ13と、水素供給量を調整するレギュレータ14が設けられている。

【0024】

燃料電池システムには、燃料電池1より排出される未反応水素を含むオフガスを燃料電池1に再循環させるためのオフガス循環経路15が設けられている。オフガス循環経路15は、燃料電池1の水素出口から排出されるオフガスを水素供給経路11におけるレギュレータ14の下流側に合流させるように構成されている。

【0025】

オフガス循環経路15には、オフガスを昇圧してオフガス循環経路15を循環させるオフガスポンプ（ポンプ手段）16が設けられている。本第1実施形態では、オフガスポンプ16として電動コンプレッサを用いており、水素供給装置12より供給される高圧水素と同程度までオフガスを昇圧するように構成されている。

また、オフガス循環経路15におけるオフガスポンプ16の上流側には、オフガス中に含まれる水分を分離除去する水分除去手段としての気液分離器17が設けられている。気液分離器17にて分離された水分は、水分排出バルブ18を開放することで排出される。

【0026】

オフガス循環経路15におけるオフガスポンプ16の下流側には、オフガスを外部に排出させるための排出経路19が分岐して設けられている。排出経路19には、オフガス排出バルブ20およびオフガス処理部21が設けられている。通常時はオフガス排出バルブ2

10

20

30

40

50

0 を閉じてオフガス循環経路 15 を介して燃料電池 1 にオフガスを循環させるが、オフガス中の水素濃度が低くなった場合等にはオフガス排出バルブ 20 を開いてオフガスを外部に排出する。このとき、オフガスはオフガス処理部 21 にて処理された後で排出される。

#### 【0027】

オフガス循環経路 15 における排出経路 19 の分岐点より下流側にはオフガスの逆流を防止するための逆止弁 22 が設けられている。

#### 【0028】

本第 1 実施形態の燃料電池システムには、オフガス中の水分濃度（湿度）を検出する水分濃度センサ（水分濃度検出手段）23、オフガスの圧力を検出する圧力センサ 24、燃料電池 1 近傍の外気温を検出する外気温センサ（外気温検出手段）25 が設けられている。これらのセンサ信号は、電子制御装置 26 に入力される。

#### 【0029】

図 2 は、電子制御装置（ECU）26 における信号の入出力を示している。図 2 に示すように、電子制御装置 26 には、水分濃度センサ 23、圧力センサ 24、外気温センサ 25 のセンサ信号が入力されるとともに、水素供給バルブ 13、水分排出バルブ 18、オフガス排出バルブ 20、オフガスポンプ 16 に制御信号を出力する。

#### 【0030】

また、燃料電池 1 は発電に伴い発熱を生じる。このため、燃料電池システムには、燃料電池 1 を冷却して作動温度を適温（80℃程度）に保つように、図示しない冷却システムが設けられている。

#### 【0031】

以下、上記構成の燃料電池システムの凍結防止制御について図 3 基づいて説明する。図 3 は、電子制御装置 26 が行う凍結防止制御の流れを示すフローチャートである。

#### 【0032】

凍結防止制御は、燃料電池 1 の停止により開始する。この時点では、燃料電池 1 内部、配管内部等に水分が残留している。

#### 【0033】

まず、外気温センサ 25 により外気温  $T_n$  を検出する（S10）。この外気温  $T_n$  の検出は所定周期（例えば数分間隔）で行う。次に、外気温の推移予測値  $T_{n+1}$  を算出する（S11）。

#### 【0034】

図 4 は外気温推移予測を説明するための図である。図 4 において、 $T_{n-1}$  は前回測定時  $t_{n-1}$  の外気温、 $T_n$  は現在  $t_n$  の外気温、 $T_{n+1}$  は次回測定時  $t_{n+1}$  の外気温を示している。 $T_{n-1}$  および  $T_n$  は実測値、 $T_{n+1}$  は予測値である。

#### 【0035】

図 4 に示すように、時間に伴って変化する外気温は一定の変化率（傾き）で推移するものと考えられる。従って、前回測定時  $t_{n-1}$  から現在  $t_n$  までの外気温変化（傾き）を求めることで、次回測定時  $t_{n+1}$  の外気温  $T_{n+1}$  を予測演算することができる。

#### 【0036】

前回測定時  $t_{n-1}$  から現在  $t_n$  までの外気温変化（傾き）は、下記数式 1 のように時間微分することで求めることができる。

#### 【0037】

##### 【数 1】

$$dT/dt = (T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$$

次回測定時  $t_{n+1}$  の外気温  $T_{n+1}$  は、下記数式 2 のように現在外気温  $T_n$  に外気温変化予測量  $((T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})) dt$  を加えて求めることができる。

#### 【0038】

##### 【数 2】

$$T_{n+1} = T_n + ((T_n - T_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})) dt$$

10

20

30

40

50

次に、外気温予測温度  $T_{n+1}$  が凍結温度  $T_{i'}$  を下回っているか否かを判定する (S 1 2)。凍結温度  $T_i$  は圧力によって変動するので、下記数式 3 のように圧力センサ 2 4 にて検出したオフガスの圧力  $P$  を用いて補正した凍結温度  $T_{i'}$  を用いる。ただし、 $k$  は補正係数とする。

【0039】

【数3】

$$T_{i'} = T_i + T_i \times P \times k$$

ステップ S 1 2 で外気温予測温度  $T_{n+1}$  が凍結温度  $T_{i'}$  を上回っていると判定された場合は、外気温予測温度  $T_{n+1}$  が凍結温度  $T_{i'}$  を下回るまで外気温予測判定を繰り返し行う。一方、外気温予測温度  $T_{n+1}$  が凍結温度  $T_{i'}$  を下回っていると判定された場合は、外気温の予測判定を終了し (S 1 3)、凍結防止処理を行う (S 1 4)。

10

【0040】

具体的には、オフガスポンプ 1 6 の駆動を開始して、オフガスをオフガス循環経路 1 5 → 水素供給経路 1 1 → 燃料電池 1 の水素極の順に循環させる。オフガスポンプ 1 6 は、図示しない 2 次電池からの電力で駆動される。オフガスに含まれる水分は気液分離器 1 7 にて回収され、オフガス中の水分が徐々に減少する。これにより、燃料電池 1 内部、配管 1 1、1 5 内部、オフガスポンプ 1 6 内部の水分を除去することができる。

【0041】

このとき、低温環境下では水蒸気分圧が低くなっているため、気液分離器 1 7 によるオフガスからの水分分離を効果的に行うことができる。

20

【0042】

次に、水分濃度センサ 2 3 にてオフガス中の水分濃度  $H_u$  を検出し (S 1 5)、水分濃度  $H_u$  が所定濃度以下であるか否かを判定する (S 1 6)。所定濃度はそれ以下であれば凍結が起こらない水分濃度であり、システム毎に任意に設定することができる。この結果、水分濃度  $H_u$  が所定濃度より高い場合には、上記凍結防止処理を引き続き行う。一方、水分濃度  $H_u$  が所定濃度以下である場合には、オフガスポンプ 1 6 を停止して凍結防止処理を終了する (S 1 7)。

【0043】

以上の構成によれば、外気温の推移を予測し、凍結が予測される場合に凍結防止処理として燃料電池 1 内部および配管 1 1、1 5 内部、オフガスポンプ 1 6 内部の水分除去を行うので、水分が凍結する前に水分除去を行うことができる。これにより、次回燃料電池起動する際に水分凍結で燃料電池 1 が起動できなくなることを防止できる。

30

【0044】

また、本第 1 実施形態では外気温の推移を予測し、凍結が予測される場合のみ凍結防止処理を行うので、凍結防止処理を行うための動力を無駄に消費することを防止できる。さらに、凍結が予測されない場合には、水分除去を行わないので燃料電池 1 の電解質膜を湿潤状態にしておくことができ、次回起動時に電解質膜を湿潤状態にする必要がない。

【0045】

なお、上記ステップ S 1 1 が本発明の外気温予測手段に相当し、上記ステップ S 1 2 が本発明の凍結判定手段に相当し、上記ステップ S 1 4 が本発明の凍結防止処理手段に相当する。

40

【0046】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態について図 5 に基づいて説明する。上記第 1 実施形態と同様の部分は同一の符号を付して説明を省略し、相違する点についてのみ説明する。

【0047】

図 5 は、本第 2 実施形態の燃料電池システムの全体構成を示している。図 5 に示すように本第 2 実施形態では、水素供給経路 1 1 における燃料電池 1 上流側には、流路を開閉する減圧用バルブ 2 7 が設けられている。

【0048】

50

このような構成により、上記ステップS 1 4の凍結防止処理を行う際、減圧用バルブ2 7を閉じオフガス排出バルブ2 0を開放してオフガスポンプ1 6を起動することで、減圧用バルブ2 7とオフガスポンプ1 6との間を減圧することができる。これにより、燃料電池1内部およびオフガスポンプ1 6内部の水分は減圧沸騰して外部に排気され、燃料電池1内部およびオフガスポンプ1 6内部の水分を効果的に除去することができる。

【0049】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について図6に基づいて説明する。上記第1実施形態と同様の部分は同一の符号を付して説明を省略し、相違する点についてのみ説明する。

【0050】

図6は本第3実施形態のオフガスポンプ28の構成を示し、図6(a)はオフガスポンプの断面図、図6(b)(c)は回転プレートの平面図である。

【0051】

図6(a)に示すように、本第3実施形態のオフガスポンプ28はサイクロン式の気液分離器が一体化されて構成されている。回転式ポンプ28aを駆動するモータ28bの駆動軸28cに、気液分離用の回転プレート28dが装着される。駆動軸28cの軸上にオフガスの吸入口28eが設けられる。

【0052】

回転プレート28dは、例えば図6(b)に示す平坦形状、あるいは図6(c)に示す穴あき形状とすることができる。図6(b)の平坦形状の場合はオフガス衝突時の圧損が大きい気液分離効果が高く、図6(c)の穴あき形状の場合はオフガス衝突時の圧損が小さい気液分離効果が低いという特徴を有する。

【0053】

気体成分Bおよび液滴・水蒸気成分Cを含むオフガスAは、ポンプ作用によって吸入口28eより導入され、回転プレート28dに衝突する。このとき、慣性力の小さい気体成分Bはポンプ28a内に吸入され昇圧され、排出口28fより排出される。一方、慣性力の大きい液滴成分・水蒸気成分Bは回転プレート28dに衝突し、遠心力によって器壁方向に分離・トラップされる。分離された水分は下方に貯留され、水分排出バルブ28fを開くことによって排出される。

【0054】

このようにモータ28bで駆動される回転プレート28dを備えたサイクロン式気液分離器を用いることで、より効果的にオフガス中から水分除去を行うことができる。また、オフガスポンプ28に気液分離器を一体化することで、気液分離器を独立して設ける必要がなくなり、燃料電池システムを小型化することが可能となる。

【0055】

(他の実施形態)

なお、上記各実施形態では、オフガスの圧力Pに基づいて凍結温度の補正值 $T_{i'}$ を演算して求めたが、これに限らず、圧力Pと凍結温度の補正值 $T_{i'}$ との関係を予めマップ化しておき、このマップに基づいて圧力Pから凍結温度の補正值 $T_{i'}$ を求めるようにしてもよい。

【0056】

また、上記各実施形態では、凍結防止処理手段として気液分離器17にて水分を除去するように構成したが、これに限らず、例えば水分吸着材(シリカゲル、活性炭等)により水分を吸着除去する水分吸着装置を用いてもよい。あるいは、例えば乾燥ガス(例えば乾燥空気、乾燥水素)を燃料電池1に供給して水分を除去するように構成してもよい。

【0057】

また、気液分離器17で分離回収された水分を、燃料電池システムの冷却水あるいは加湿用の水として用いてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概念図である。

【図 2】 電子制御装置の入出力を示すブロック図である。

【図 3】 凍結防止制御を示すフローチャートである。

【図 4】 外気温推移予測を説明するための特性図である。

【図 5】 第 2 実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概念図である。

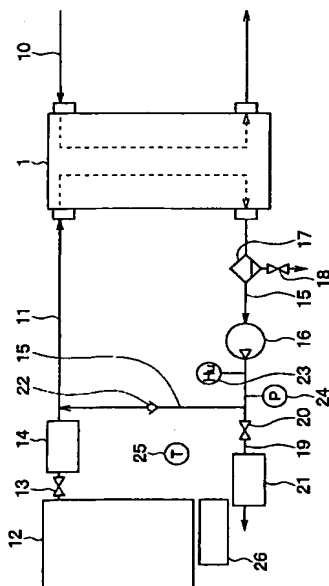
【図 6】 (a) は第 3 実施形態のオフガスポンプの断面図であり、(b) および (c) は回転ロータの平面図である。

【符号の説明】

1 … 燃料電池、11 … 水素供給経路、12 … 水素供給装置、13 … 水素供給バルブ、14 … レギュレータ、15 … オフガス循環経路、16 … オフガスポンプ、17 … 気液分離器、23 … 水分濃度センサ、24 … 圧力センサ、25 … 外気温センサ、26 … 電子制御装置。

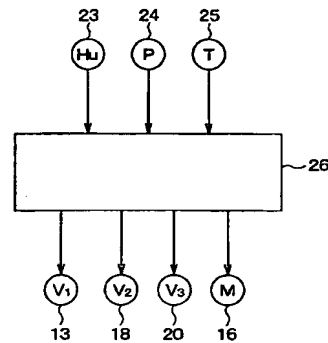
10

【図 1】



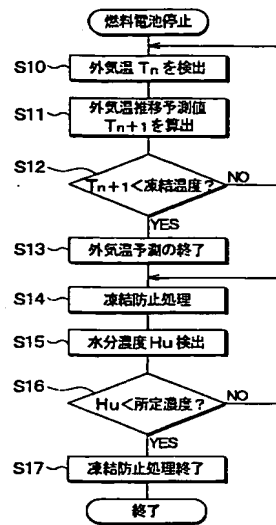
23: 水分濃度センサ  
24: 圧力センサ  
25: 外気温センサ  
26: 電子制御装置  
1: 燃料電池  
11: 水素供給経路  
15: オフガス循環経路  
16: オフガスポンプ  
17: 気液分離器

【図 2】

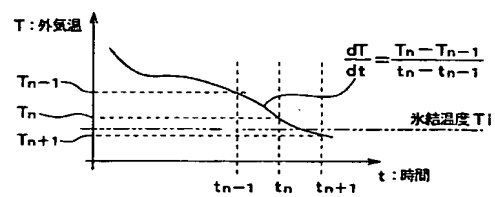




【図 3】

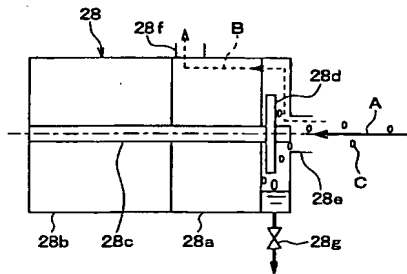


【図 4】

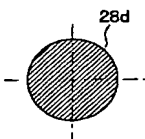


【図 6】

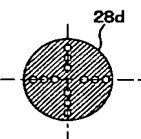
(a)



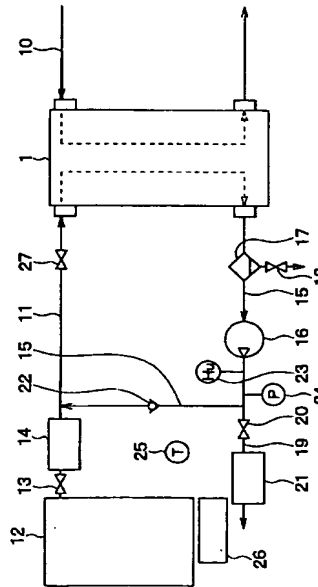
(b)



(c)



【図 5】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5H026 AA06

5H027 AA06 BA19 KK05 KK06 KK31 KK41 MM08